Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No.4, 2025, p. 501-515

Effect of Sunflower (*Helianthus annus* L.) Hulls with Different Particle Sizes on Growth Performance and Physiological Responses of Broiler Chickens Fed Different Levels of Protein

N. Beigzadeh[1], S. Salari*[2], F. Zaefarian[3], S. Hosseinifar[4]

1- Ph.D. Student, Department of Animal Science, Animal Science and Food Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Ahvaz, Iran
2- Professor, Department of Animal Science, Animal Science and Food Technology Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
3- Assistant Professor, Department of R&I in Monogastric Animal Nutrition, Adisseo France S.A.S, Saint Fons, France
4- Assistant Professor, Department of Basic Science, Faculty of Veterinary Medicine, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
*Corresponding Author's Email: s.salari@asnrukh.ac.ir

Received: 06-08-2024 Revised: 27-11-2024 Accepted: 02-12-2024 Available Online: 02-12-2024	**How to cite this article:** Beigzadeh, N., Salari, S., Zaefarian, F., & Hosseinifar, s. (2025). Effect of Sunflower (*Helianthus annus* L.) Hulls with Different Particle Sizes on Growth Performance and Physiological Responses of Broiler Chickens Fed Different Levels of Protein. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *16*(4), 501-515. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.89252.1213

Introduction: In broilers, dietary fiber stimulates the production of hydrochloric acid and bile acids and improves amylase activity, leading to better nutrient utilization (Hetland *et al*., 2002). A well-developed gizzard also enhances reverse peristalsis, which churns food back up the digestive tract. A reduced-crude protein (CP) diet are typically formulated by decreasing soybean meal and increasing feed grains (such as maize or wheat), along with higher inclusions of non-bound (crystalline and synthetic) amino acids to meet nutritional requirements. Studies (Van Harn *et al*., 2017) have shown that CP reductions (20-30 g/kg) in Ross 308 broiler diets can be achieved without compromising live weight gain or feed intake. Notably, these diets even show a significant improvement in feed conversion ratio (FCR) with a 3.5% decrease. Dietary fiber with increased particle size may enhance foregut development more effectively in poultry fed diets moderately low in crude protein. This study investigates the performance of broilers fed on low-density crude protein diets with increasing particle size of sunflower (*Helianthus annus* L.) hulls.

Materials and Methods: This experiment aimed to examine the effect of sunflower hull particle size on the performance and physiological response of broiler chickens fed with different protein levels. A completely randomized design based on a 3 × 2 factorial arrangement, comprising 6 treatments (6 replicates per treatment, 10 birds per replicate). The treatments included 3 types of dietary sunflower hull types (without hulls, 4% with 1 mm particle size, and 4% with 5 mm particle size) and 2 crude protein (CP) levels (normal and a 10% reduction). Feed intake (FI) and body weight gain (BWG) were recorded, and the feed conversion ratio (FCR) was calculated. To determine ideal nutrient digestibility, chickens were fed 3 g/kg of chromium oxide from days 21 to 25. On day 25, ileum contents from 2 birds per replicate were collected and stored at -20°C. The cecal microbial population was assessed at 42 days of age. Data were analyzed using SAS software and the GLM procedure. Duncan's multiple range test was used for mean comparison at a 5% significance level.

Results and Discussion: The results indicated that incorporating sunflower hulls (SFH) in the diet increased FI, except during the starter period, and improved FCR in both the starter and grower periods. The high amount

http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.89252.1213

of FI in the treatments containing SFH may be related to the high level of lignin and cellulose, because it increases the rate of passage of digestive juice through the digestive tract and ultimately increases FI (González-Alvarado *et al.*, 2010). Broilers fed coarse SFH showed increased relative weights of the carcass, gastrointestinal tract, gizzard. The use of a rich source of insoluble fiber in the diet can increase the growth of the digestive system, especially provetriculus and gizzard (Jimenez-Moreno *et al*., 2013). The apparent digestibility of crude protein improved by coarse SFH with low crude protein. The positive effect of fiber on the digestibility of raw protein can be attributed to the increase in pepsin activity and the increase in hydrochloric acid production (Gabriel *et al*., 2003). Both fine and coarse SFH in the diet enhanced the *Lactobacillus* population. Similarly, other researchers also reported that feeding broiler chickens with dietary lignocellulose leads to an increase in the presence of *Lactobacillus* species (Bogusławska-Tryk *et al*., 2015).

Conclusion: Overall, the study results indicate that adding coarse sunflower hulls to the diet can enhance broiler growth performance. This improvement is achieved by increasing the digestibility of crude protein, as well as boosting the Lactobacillus population. Additionally, using coarse sunflower hulls led to an increase in the relative weight of the carcass and thighs.

Keywords: Apparent ileal digestibility, Broiler Chickens, Insoluble fiber, Performance

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران

Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳، ص. ۵۱۵-۵۰۱

تأثیر پوسته آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) با اندازه ذرات متفاوت بر عملکرد رشد و پاسخ فیزیولوژیکی جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با سطوح مختلف پروتئین

نجیبه بیگ زاده[۱]، سمیه سالاری[۲]*، فائقه زعفریان[۳]، شیما حسینی فر[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات استفاده از پوسته آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) با اندازه ذرات متفاوت در جیره‌های حاوی سطوح مختلف پروتئین، از ۳۶۰ قطعه جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ در یک آزمایش فاکتوریل ۲ × ۳ در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار و شش تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل پوسته آفتابگردان (بدون پوسته، دارای چهار درصد پوسته با اندازه ذرات یک میلی‌متر و چهار درصد پوسته با اندازه ذرات پنج میلی‌متر) و دو سطح پروتئین (پروتئین نرمال و ۱۰ درصد کمتر از احتیاجات) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین افزایش وزن در دوره آغازین مربوط به تیمار چهار درصد پوسته درشت و سطح پروتئین نرمال بود، درحالی‌که بیشترین افزایش وزن در دوره رشد مربوط به جیره‌های با پوسته درشت و در دوره پایانی و کل دوره پرورش، مربوط به پوسته ریز و درشت بود. کمترین مصرف خوراک در دوره آغازین نیز در تیمار چهار درصد پوسته درشت با کاهش سطح پروتئین به‌دست آمد. افزودن پوسته درشت موجب کاهش (بهبود) ضریب تبدیل غذایی در دوره آغازین و رشد گردید. پرندگان تغذیه‌شده با پوسته درشت و پروتئین نرمال، بالاترین وزن ران‌ها را نشان دادند. تغذیه ذرات درشت پوسته آفتابگردان و کم‌پروتئین منجر به افزایش قابلیت هضم پروتئین خام شد. همچنین، ماده خشک و چربی در تیمارهای حاوی ذرات درشت پوسته، بالاترین درصد قابلیت هضم را داشتند. جمعیت باکتری‌های لاکتوباسیل روده کور تغذیه‌شده با پوسته درشت آفتابگردان افزایش یافت. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، استفاده از چهار درصد پوسته آفتابگردان درشت در جیره با پروتئین کمتر از کاتالوگ، به جهت بهبود قابلیت هضم پروتئین خام می‌توانند مفید باشد. هرچند که استفاده از پوسته درشت آفتابگردان صرف‌نظر از سطح پروتئین خام جیره، موجب افزایش قابلیت هضم ماده خشک و چربی خام و جمعیت *لاکتوباسیل* روده کور و همچنین افزایش وزن نسبی لاشه جوجه‌های گوشتی گردید.

واژه‌های کلیدی: جوجه‌های گوشتی، عملکرد، فیبر نامحلول، قابلیت هضم ایلئومی ظاهری

مقدمه

کاهش پروتئین جیره طیور به‌عنوان راهی برای کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید پروتئین حیوانی از طریق کاهش دفع مواد مغذی مطرح شده است (Greenhalgh *et al.*, 2020). کاهش متوسط پروتئین خام جیره (۲۰ تا ۳۰ گرم بر کیلوگرم) بدون اثر منفی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی، توصیه می‌شود (Chrystal *et al.*, 2020). جیره‌های کم‌پروتئین برای ارزیابی ساختارهای جدید خوراک طیور و در نهایت تأثیر آن بر عملکرد پرنده، مورد توجه هستند. از طرفی، الزام به کاهش هزینه خوراک، افزایش کارآیی آن و کاهش استفاده از محرک‌های رشد آنتی‌بیوتیکی در خوراک، متخصصان تغذیه را تشویق کرده است تا راهکارهای جدیدی را برای رسیدگی به این موضوع بررسی کنند (Nursiam *et al.*, 2021).

مطالعات نشان داده‌اند که مکمل اسیدهای آمینه ضروری می‌تواند عملکرد رشد را در جیره‌های غذایی کم‌پروتئین بهبود بخشد (Van Harn *et al.*, 2019). از طرفی، افزودن فیبر نامحلول به جیره طیور در مقادیر متوسط باعث بهبود عملکرد سنگدان (Svihus, 2011)، قابلیت هضم مواد مغذی (Jiménez-Moreno *et al.*, 2010)، سلامت دستگاه گوارش (Mateos *et al.*, 2012) و عملکرد رشد (Jiménez-Moreno *et al.*, 2013) می‌شود. علاوه‌براین، نشان داده شده است که مقدار کافی فیبر نامحلول مانند پوسته جو دوسر و پوسته

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، اهواز، ایران

۲- استاد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

۳- استادیار، گروه تحقیق و پژوهش در تغذیه حیوانات تک معده، آدیسئو، سینت فونس، فرانسه

۴- استادیار، گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

(*- نویسنده مسئول: (Email: s.salari@asnrukh.ac.ir

http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.89252.1213

آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) در جیره غذایی، باعث افزایش قابلیت هضم مواد مغذی و عملکرد در جوجه‌های گوشتی می‌گردد (Sacranie *et al.*, 2012). پورآزادی و همکاران (Pourazadi *et al.*, 2020)، با بررسی منابع مختلف فیبر نامحلول در جیره بر پایه جو در تغذیه جوجه‌های گوشتی بیان نمودند که افزودن پوسته آفتابگردان قابلیت هضم پروتئین خام، عصاره اتری و جمعیت گونه-های *لاکتوباسیلوس* سکوم را افزایش و ویسکوزیته گوارشی روده را در مقایسه با پرندگان تغذیه‌شده با باگاس نیشکر و سبوس گندم کاهش داد. در پژوهشی نشان داده شد که تغذیه جوجه‌های گوشتی با سه درصد پوسته آفتابگردان باعث افزایش وزن نسبی سنگدان در نه روزگی شد (Kimiaeitalab *et al.*, 2017). فیبر نامحلول با تحریک فعالیت کوله سیستوکینین و توسعه سنگدانی باعث ایجاد حرکات دودی در دستگاه گوارش می‌شود (Denbow, 2015). فیبر نامحلول در دستگاه گوارش با ایجاد ساختار اسفنجی به آنزیم‌ها امکان نفوذ بیشتر را می‌دهد (Sarikhan *et al.*, 2010). در نتیجه، سطح و در دسترس بودن مواد مغذی به سبب افزایش فعالیت آنزیم‌ها، افزایش یافته و منجر به جذب بیشتر مواد مغذی و در نهایت بهبود عملکرد رشد پرندگان می‌گردد (De Vries, 2015). اثر مثبت فیبر بر قابلیت هضم پروتئین خام را می‌توان به افزایش فعالیت پپسین و افزایش تولید اسید هیدروکلریک نسبت داد (Gabriel *et al.*, 2003). علاوه‌بر نوع فیبر خوراکی (محلول یا نامحلول)، اندازه ذرات نیز در رشدونمو سنگدان تأثیرگذار است و به بهبود مخلوط شدن مواد هضمی با ترشحات گوارشی کمک می‌کند (Donadelli *et al.*, 2019). اندازه ذرات درشت فیبر نامحلول موجب بهبود عملکرد طیور از طریق توسعه قسمت فوقانی دستگاه گوارش می‌شود که نقش حیاتی در هضم و استفاده مؤثر از مواد مغذی دارد (Zaefarian *et al.*, 2016). هدف از مطالعات انجام‌شده با افزایش اندازه ذرات از غلات یا فیبرهای غذایی، بهبود افزایش وزن، ضریب تبدیل، انرژی قابل متابولیسم ظاهری و جذب مواد مغذی می‌باشد (Donadelli *et al.*, 2019). افزایش اندازه ذرات خوراک با افزایش زمان باقی ماندن مواد هضمی در قسمت فوقانی دستگاه گوارش و قرار گرفتن در معرض شیره معده و آنزیم‌های گوارشی، منجر به بهبود استفاده از مواد مغذی می‌شود. ازاین‌رو، مطالعه حاضر جهت بررسی اثر پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات متفاوت (درشت و ریز) در جیره‌های با سطوح پروتئین خام مختلف (نرمال و کاهش‌یافته) بر عملکرد رشد، اجزاء لاشه، قابلیت هضم مواد مغذی و جمعیت میکروبی روده کور در جوجه‌های گوشتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، پوسته آفتابگردان به‌عنوان محصول فرعی فرآوری مغز آفتابگردان از شرکت سید ایران (Seed Iran) واقع در شهرک صنعتی مشهد، ایران تهیه شد. اندازه‌گیری ماده خشک، خاکستر، پروتئین خام، فیبرخام و عصاره اتری پوسته آفتابگردان مطابق روش‌های استاندارد (AOAC, 2000) انجام شد. برای برآورد کربوهیدرات کل (CHO) از معادله ۱ و کربوهیدرات‌های غیرفیبری (NFC) از معادله ۲ و برای عصاره عاری از نیتروژن (NFE) از معادله ۳ استفاده شد. میزان الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF) پوسته آفتابگردان هم به‌روش توصیفی (Van Soest *et al.*, 1991) اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

CHO = 100 – (CP + EE +Ash + Moisture) (۱) معادله

NFC = 100 – (CP + EE +Ash + NDF) (۲) معادله

NFE = 100- (CP + Ash + CF + EE) (۳) معادله

در معادله‌های مذکور، CHO: کربوهیدرات کل، NFC: کربوهیدرات‌های غیرفیبری، NFE: عصاره عاری از نیتروژن، NDF: الیاف نامحلول در شوینده خنثی، ADF: الیاف نامحلول در شوینده اسیدی،CP: پروتئین خام؛ EE: عصاره اتری، Ash: خاکستر و Moisture: رطوبت است.

جهت انجام بخش مزرعه‌ای، از ۳۶۰ قطعه جوجه گوشتی سویه راس ۳۰۸ در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل ۲×۳ از سن یک تا ۴۲ روزگی استفاده شد. پژوهش حاضر با استفاده از شش تیمار و شش تکرار و تعداد ۱۰ قطعه پرنده (مخلوط جنس نر و ماده) برای هر تکرار انجام شد. تراشه‌های چوب تمیز به‌عنوان مواد بستر استفاده شد. هر پن حاوی یک آبخوری آویز و یک دانخوری بود. غذا و آب به‌صورت آزاد در طول آزمایش ارائه شد. در سه روز ابتدایی پرورش، روشنایی به‌صورت ۲۴ ساعته و از روز چهارم تا انتهای دوره، برنامه نوری به‌صورت ۲۳ ساعت روشنایی و یک ساعت تاریکی بود. دمای محیط به‌میزان دو درجه سانتی‌گراد در هفته از ۳۳ درجه سانتی‌گراد در هفته اول به ۲۵ درجه سانتی‌گراد در هفته پنجم کاهش یافت و سپس ثابت ماند. تیمارها شامل پوسته آفتابگردان (دون پوسته، دارای چهار درصد پوسته با اندازه ذرات یک میلی‌متر و چهار درصد پوسته با اندازه ذرات پنج میلی‌متر) به همراه دو سطح پروتئین خام جیره (نرمال و ۱۰ درصد کمتر) بودند. پوسته آفتابگردان با استفاده از آسیاب چکشی (آسیاب ۵۰۰ کیلویی تک فاز، ساخت شهرک صنعتی ارومیه، ایران) مجهز به الک‌های یک و پنج میلی-متری آسیاب شد. جهت بررسی توزیع اندازه ذرات، از روش الک کردن خشک براساس استاندارد (1995) ASAE S363.1 استفاده گردید (Baker and Herrman, 2002). ۱۰۰ گرم از پوسته آفتابگردان آسیاب‌شده به‌مدت ۱۰ دقیقه در شیکر Restch (ساخت آلمان) مجهز به پنج الک با قطرهای ۲، ۱، ۰/۵، ۰/۲۵ و ۰/۰۷۵

میلی‌متر به‌ترتیب از بالا به پایین تکان داده شد. سهم هر الک با کم کردن وزن نمونه اولیه از وزن نهایی بعد از الک کردن محاسبه شد. میانگین هندسی قطر (GMD) و انحراف استاندارد هندسی (GSD) با توجه به انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا (ASAE, 2003) تعیین شد (جدول ۱). اجزاء تشکیل‌دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره‌های مورد استفاده در تغذیه جوجه‌های گوشتی سویه راس ۳۰۸ در جدول ۲ نشان داده شده است.

فراسنجه‌های عملکردی شامل مصرف خوراک و افزایش وزن پرندگان در پایان هر دوره (آغازین، رشد و پایانی) رکوردبرداری و ضریب تبدیل غذایی محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری قابلیت هضم ایلئومی مواد مغذی از اکسید کروم به‌عنوان نشانگر خارجی استفاده شد. در سن ۲۱ روزگی میزان ۰/۳درصد اکسید کروم به جیره اضافه شد و به‌مدت پنج روز در اختیار جوجه‌ها قرار گرفت. در سن ۲۵ روزگی دو قطعه جوجه از هر تکرار انتخاب و به‌روش قطع گردنی کشتار شدند و محتویات ایلئومی آن‌ها از حد فاصل زائده مکل تا پنج سانتی‌متر قبل از اسفنگتر ایلئوسکال جمع‌آوری شد. نمونه‌ها تا زمان آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه داشته شدند. سپس ماده خشک، پروتئین خام، چربی خام نمونه خوراک و محتویات ایلئومی اندازه‌گیری شد (AOAC, 2000). قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام ، چربی خام با استفاده از معادله ۴ محاسبه شد (Hafeez *et al.*, 2015).

معادله (۴)

$$\text{قابلیت هضم } (\%) = 100 - (\text{غلظت نشانگر در ماده هضمی} / \text{غلظت نشانگر در خوراک}) \times (\text{غلظت ماده مغذی در خوراک} / \text{غلظت ماده مغذی در ماده هضمی}) \times 100$$

در روز ۴۲ آزمایش، دو قطعه جوجه با میانگین وزنی گروه، انتخاب و وزن لاشه، سینه، ران‌ها، دستگاه گوارش، سنگدان پر و چربی حفره شکمی اندازه‌گیری شد و وزن نسبی آن‌ها به‌صورت درصدی از وزن زنده محاسبه شد.

برای بررسی جمعیت میکروبی روده کور طیور در سن ۴۲ روزگی، در هر تکرار دو قطعه پرنده به‌طور تصادفی انتخاب شدند. پس از کشتار، روده کور در محل اتصال به ایلئوم و کولون با نخ بسته و توسط قیچی استریل و پنس از روده جدا و در پتری دیش‌های استریل قرار گرفتند. سپس با ایجاد شکافی طولی روی روده کور با استفاده از اسکالپل، یک گرم از محتویات آن استخراج و به داخل لوله‌های آزمایش حاوی نه میلی‌لیتر محلول نرمال سالین ریخته شد و دهانه لوله‌ها با پنبه استریل مسدود گردید. محتویات لوله‌ها توسط شیکر هموژنیزه شدند. جهت کشت *لاکتوباسیل‌ها* از محیط کشت اختصاصی MRS آگار (Liofilchem, Italy)، برای کشت باکتری‌های *کلی‌فرم* از محیط کشت مکانکی آگار (Condalab, Spain) و به‌منظور کشت باکتری *اشریشیاکلی* از محیط کشت ائوزین متیلن بلو آگار (Condalab, Spain) استفاده گردید. رقت‌های متوالی (از 10^{-1} تا 10^{-9}) از نمونه‌های اولیه تهیه شدند. تعداد کل باکتری‌های موجود در هر رقت از محتویات روده کور شمارش و میانگین آن‌ها به‌عنوان تعداد کل باکتری در واحد گرم محتویات گوارشی برای هر تکرار از تیمار مربوطه محاسبه گردید. پس از کشت، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. تعداد واحدهای تشکیل‌دهنده کلونی‌های میکروبی (CFU) به‌ازای هر گرم از محتویات روده به‌صورت لگاریتمی (log_{10}) بیان گردید (Guban *et al.*, 2006).

داده‌های گروه‌های آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل (۲ × ۳) توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و با استفاده از رویه GLM تجزیه شدند.

میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح پنج درصد مقایسه شدند. مدل آماری طرح فاکتوریل به‌صورت زیر بود:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk} \qquad \text{معادله (۵)}$$

که در آن، Y_{ijk}: نشان‌دهنده مقدار عددی هر مشاهده، μ: میانگین مشاهدات، A_i: نشان‌دهنده اثرات پوسته آفتابگردان، B_j: نشان‌دهنده اثر سطح پروتئین خام، AB_{ij}: اثر متقابل پوسته آفتابگردان و سطح پروتئین خام جیره و e_{ijk}: اثر خطای آزمایشی می‌باشد.

نتایج و بحث

تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد جوجه‌های گوشتی در جدول ۳ نشان داده شده است. در دوره آغازین، مصرف خوراک تحت تأثیر اثرات متقابل اندازه ذرات پوسته و سطح پروتئین جیره قرار گرفت ($P<0.05$). جوجه‌های تغذیه‌شده با پوسته درشت و جیره کم‌پروتئین، کمترین مصرف خوراک در دوره آغازین را داشتند ($P<0.05$)، ولی تفاوت بین سایر تیمارها بر مصرف خوراک معنی‌دار نبود. افزودن چهار درصد پوسته در دوره رشد و پایانی و کل دوره موجب افزایش مصرف خوراک گردید ($P<0.05$)، ولی بین تیمارهای حاوی ذرات پوسته درشت و ریز تفاوت معنی‌دار نبود ($P>0.05$). بالا بودن مقدار خوراک مصرفی در تیمارهای حاوی پوسته ممکن است مربوط به بالا بودن سطح لیگنین و سلولز باشد، زیرا موجب افزایش نرخ عبور شیرابه

هضمی از مجرای گوارش و در نهایت افزایش مصرف خوراک می‌گردد (González-Alvarado et al., 2010).

جدول ۱- توزیع اندازه ذرات و ترکیب شیمیایی پوسته آفتابگردان (درصد)

Table 1- Particle size distribution and chemical composition (%) of the sunflower hulls

ترکیب شیمیایی Chemical composition	%	
ماده خشک Dry matter	94.74	
پروتئین خام Crude protein	6.51	
عصاره اتری Ether extract	1.45	
الیاف نامحلول در شوینده خنثی Neutral Detergent Fiber	74.44	
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی Acid Detergent Fiber	52.87	
کربوهیدراتهای غیرفیبری Non Fiber Carbohydrates	15.56	
کربوهیدرات کل Total Carbohydrates	84.74	
عصاره عاری از نیتروژن Nitrogen Free Extract	40.91	
خاکستر Ash	2.04	
اندازه ذرات (میکرومتر) Particle size (µm)	درشت Coarse	ریز Fine
>2000	0.52	0.56
1000-2000	5.82	3.43
500-1000	84.24	72.56
250-500	7.5	18.06
75-250	1.87	5.16
<75	0.05	0.23
(GMD[1] ± GSD[2])	675.447±1.477	574.363±1.735

[۱] GMD: میانگین قطر هندسی

[۲] GSD: انحراف معیار استاندارد میانگین قطر هندسی

[1] Geometric mean diameter (GMD)

[2] Geometric standard deviation (GSD)

در دوره آغازین، بیشترین افزایش وزن مربوط به تیمار چهار درصد پوسته درشت و جیره با پروتئین نرمال بود (P<۰/۰۵)، درحالی‌که بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بالاترین افزایش وزن بدن پرندگان در دوره رشد مربوط به تیمار حاوی چهار درصد ذرات درشت پوسته نسبت به تیمارهای با پوسته ریز و شاهد بود (P<۰/۰۵). افزودن چهار درصد پوسته در دوره پایانی و کل دوره پرورش موجب افزایش وزن بدن نسبت به تیمار بدون پوسته شد (P<۰/۰۵)، ولی بین تیمارهای حاوی ذرات پوسته درشت و ریز تفاوت معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). به‌طور مشابه، گنجاندن پوسته جو دوسر یا تفاله چغندرقند موجب افزایش وزن بدن گردید (Jimenez-Moreno *et al.*, 2009). همچنین، ذرات درشت پوسته آفتابگردان موجب بهبود ضریب تبدیل خوراک در دوره آغازین و رشد گردید (P<۰/۰۵).

در تحقیقات لین و آلوکسی (Lin and Olukosi, 2021)، پرندگانی که با جیره فیبر بالا و پروتئین کافی تغذیه شدند، نسبت به پرندگانی که جیره‌های فیبر بالا و کم‌پروتئین دریافت کردند، سنگین‌تر بودند، درحالی‌که پرندگان تغذیه‌کننده جیره کم‌فیبر و پروتئین کافی در مقایسه با جیره‌های کم‌فیبر و کم‌پروتئین، وزن کمتری داشتند. همچنین اثر متقابل فیبر و پروتئین در این آزمایش نشان داد که محتوای پروتئین، بیشترین تأثیر را بر افزایش وزن دارد، و می‌توان گفت که فیبر بالا افزایش وزن را به‌طور نسبی احتمالاً از طریق مصرف خوراک بیشتر در آن پرندگان افزایش می‌دهد. در آزمایش حاضر، افزودن پوسته درشت آفتابگردان به جیره سبب کاهش ضریب تبدیل خوراک در دوره آغازین و رشد و افزایش وزن پرندگان در کل دوره گردید که نشان‌دهنده ضروری بودن وجود مقادیری فیبر در جیره جوجه‌های گوشتی است. این مزایا در افزایش وزن و ضریب تبدیل

خوراک ممکن است به‌دلیل تجمع ذرات فیبر در سنگدان و کاهش سرعت عبور گوارشی در قسمت بالایی دستگاه گوارش باشد که منجر به قابلیت هضم بهتر مواد مغذی می‌گردد.

جدول ۲– مواد خوراکی تشکیل‌دهنده و ترکیب شیمیایی جیره جوجه‌های گوشتی (درصد)

Table 2- Ingredients and chemical composition of broiler diets (%)

مواد خوراکی (درصد) Ingredients (%)	دوره آغازین (۱ تا ۱۰ روزگی) Starter (1- 10 days)				دوره رشد (۱۱ تا ۲۴) Grower (11- 24 days)				دوره پایانی (۲۵ تا ۴۲ روزگی) Finisher (25- 42 days)			
	۲۳ درصد پروتئین خام 23% CP[1]		۲۰/۷ درصد پروتئین خام 20.7% CP		۲۱/۵ درصد پروتئین خام 21.5% CP		۱۹/۳۵درصد پروتئین خام 19.35% CP		۱۹/۵ درصد پروتئین خام 19.5% CP		۱۷/۵ درصد پروتئین خام 17.5% CP	
	بدون پوسته No SFH[2]	٪۴ پوسته 4% SFH	بدون پوسته No SFH	٪۴ پوسته 4% SFH	بدون پوسته No SFH	٪۴ پوسته 4% SFH	بدون پوسته No SFH	٪۴ پوسته 4% SFH	بدون پوسته No SFH	٪۴ پوسته 4% SFH	بدون پوسته No SFH	٪۴ پوسته 4% SFH
ذرت Maize	44.20	44.20	52.63	52.63	48.20	48.20	54.45	54.45	52.4	52.4	56.82	56.82
گلوتن ذرت (٪۶۰) Corn gluten (%60)	5	5	3.5	3.5	5.22	5.22	2.3	2.3	4	4	0.40	0.40
کنجاله سویا (٪۴۲) Soybean meal (% 42)	37.80	37.80	31	31	32.33	32.33	29.9	29.9	29.73	29.73	28.5	28.5
کربنات کلسیم Calcium carbonate	0.85	0.85	0.85	0.85	0.74	0.74	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74	0.74
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	1.5	1.5	1.58	1.58	1.3	1.3	1.3	1.3	1.04	1.04	1.05	1.05
روغن سویا Soybean oil	4.73	4.73	3.53	3.53	5.5	5.5	5	5	6.5	6.5	6.5	6.5
نمک Salt	0.28	0.28	0.22	0.22	0.28	0.28	0.28	0.28	0.23	0.23	0.21	0.21
جوش شیرین Sodium bicarbonate	0.23	0.23	0.33	0.33	0.23	0.23	0.23	0.23	0.20	0.20	0.23	0.23
پتاسیم کربنات Potassium carbonate	0	0	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
مکمل ویتامین[۳] Vitamin premix[3]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
مکمل مواد معدنی[۴] Mineral premix[4]	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
دی ال متیونین DL- methionine	0.32	0.32	0.38	0.38	0.27	0.27	0.36	0.36	0.26	0.26	0.33	0.33
ال لیزین هیدروکلرید L- lysine HCl	0.32	0.32	0.5	0.5	0.3	0.3	0.41	0.41	0.27	0.27	0.32	0.32
ال ترئونین L- threonine	0.14	0.14	0.23	0.23	0.1	0.1	0.17	0.17	0.08	0.08	0.14	0.14
L-valine	0.05	0.05	0.16	0.16	0	0	0.10	0.10	0	0	0.08	0.08
ال ایزولوسین L-isoleucine	0.03	0.03	0.14	0.14	0	0	0.09	0.09	0.01	0.01	0.08	0.08
ال آرژنین L-arginine	0.06	0.06	0.24	0.24	0.04	0.04	0.15	0.15	0.03	0.03	0.09	0.09
فیتاز Phytase	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ماسه بادی Sand	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0
پوسته آفتابگردان Sunflower hulls	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4
ترکیب مواد مغذی محاسبه شده (درصد) Calculated nutrient composition (%)												

انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری/کیلوگرم) Metabolisable energy (kcal/kg)	3004	3004	2998	2998	3104	3104	3104	3104	3204	3204	3203	3203
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	23	23	20.7	20.7	19.37	19.37	21.53	21.53	17.55	17.55	19.54	19.54
عصاره اتری (درصد) Ether extract (%)	7.20	7.20	6.15	6.15	7.57	7.57	8.04	8.04	9.01	9.01	9.05	9.05
لیزین قابل هضم (درصد) Digestible lysine (%)	1.25	1.25	1.24	1.24	1.14	1.14	1.14	1.14	1.03	1.03	1.03	1.03
متیونین قابل هضم (درصد) Digestible methionine (%)	0.63	0.63	0.62	0.62	0.5	0.5	0.5	0.5	0.43	0.43	0.43	0.43
متیونین + سیستئین قابل هضم (درصد) Digestible methionine + cystine (%)	0.93	0.93	0.92	0.92	0.86	0.86	0.87	0.87	0.8	0.8	0.79	0.79

[۱] پروتئین خام، [۲] پوسته آفتابگردان، [۳]مکمل ویتامینی به‌ازای هرکیلوگرم جیره مقادیر زیر را تأمین می‌نمود: ویتامین A، ۱۰۰۰۰واحد بین‌المللی؛ ویتامین D_3 ۳۰۰۰ واحد بین‌المللی؛ ویتامین E، ۵۵ واحد بین‌المللی؛ ویتامین K_3؛ دو میلی‌گرم، ویتامین B_1، ۲/۲ میلی‌گرم؛ ویتامین B_2، ۴/۸ میلی‌گرم؛ نیاسین، ۴۵ میلی‌گرم؛ اسیدپنتوتنیک، ۱۵ میلی‌گرم؛ ویتامین B_6، ۲/۲ میلی‌گرم؛ بیوتین، ۰/۱۵میلی‌گرم؛ اسیدفولیک، ۱/۶۰ میلی‌گرم؛ ویتامین B_{12}، ۰/۰۱۱ میلی‌گرم.

[۴] مکمل معدنی به‌ازای هرکیلوگرم جیره مقادیر زیر را تأمین می‌نمود: آهن،۶۰ میلی‌گرم؛ منگنز، ۱۲۰ میلی‌گرم؛ روی، ۱۰۰ میلی‌گرم؛ مس، ۱۶ میلی‌گرم؛ ید، ۱/۲۵ میلی‌گرم؛ سلنیوم، ۰/۳۰ میلی‌گرم.

[1] Crude protein, [2] Sunflower hulls, [3]Vitamin premix provided per kilogram of diet: A, 10000 IU; D_3 3000 IU; E 55 IU; K_3 2 mg; B_1 2.2 mg; B_2 4.8 mg; Niacin 45 mg; Pantothenic Acid 15 mg; B_6 2.2 mg, Biotin 0.15 mg; Folic Acid 1.60 mg; B_{12} 0.011 mg. provided per kilogram of diet: Fe, 60 mg; Mn, 120 mg; Zn, 100 mg; Cu, 16 mg; I, 1.25 mg; Se, 0.30 mg. [4] Mineral premix

در آزمایشی، (Amerah *et al*., 2009) افزایش مصرف خوراک توسط جوجه‌های گوشتی تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی سلولز گزارش شد که ممکن است به‌دلیل سرعت عبور بیشتر شیرابه گوارشی باشد که با نتایج حاضر در مصرف خوراک دوره رشد، پایانی و کل دوره مطابقت دارد. جیمنز–مورنو و همکاران (Jimenez-Moreno *et al*., 2008) هنگامی‌که جیره پایه را با ۵۰ گرم بر کیلوگرم پوسته جو، پوسته برنج یا پوسته آفتابگردان رقیق کردند، مصرف خوراک بالاتر و ضریب تبدیل خوراک بهتر در جوجه‌های گوشتی را گزارش نمودند که مطابق یافته‌های پژوهش حاضر می‌باشد. در آزمایش دیگری، کاربرد پوسته یولاف به‌میزان سه درصد در جیره جوجه‌های گوشتی سبب تحریک فعالیت سنگدان و کاهش اسیدیته آن شد (González- Alvarado *et al*., 2008). دلیل بعضی اختلاف‌ها در مطالعات مختلف ممکن است مربوط به نوع جیره پایه و نیز سطح فیبر نامحلول و یا نوع و اندازه ذرات آن باشد.

اثر تیمارهای آزمایشی بر قابلیت هضم ظاهری ایلئومی مواد مغذی در جدول ۴ نشان داده شده است. تیمار حاوی چهار درصد پوسته درشت و کم‌پروتئین، بیشترین قابلیت هضم پروتئین خام را نسبت به سایر تیمارها نشان دادند (P<۰/۰۵). تیمارهای حاوی پوسته درشت موجب افزایش قابلیت هضم ماده خشک گردید (P<۰/۰۵). افزودن چهار درصد پوسته (ریز و درشت) به جیره‌ها موجب افزایش قابلیت هضم چربی گردید (P<۰/۰۵). اثر مثبت فیبر بر قابلیت هضم پروتئین خام را می‌توان به افزایش فعالیت پپسین و افزایش تولید اسید هیدروکلریک نسبت داد (Gabriel *et al*., 2003). گزارش شده است که گنجاندن حداکثر ۳۰۰ گرم بر کیلوگرم کنجاله آفتابگردان با فیبر بالا در جیره غذایی بر پایه ذرت پلت‌شده منجر به افزایش قابل توجهی در قابلیت هضم ظاهری ایلئومی چربی و پروتئین خام شد، امّا قابلیت هضم ماده خشک و انرژی را کاهش داد (Kalmendal *et al*., 2011). در پژوهشی، محدود کردن مصرف پروتئین خام و افزودن اسیدهای آمینه مصنوعی توانست قابلیت هضم پروتئین جیره جوجه‌های گوشتی را بهبود بخشد (Awad *et al*., 2018). جیمنز-مورینو و همکاران (Jimenez-Moreno *et al*., 2013) گزارش کردند که گنجاندن پنج درصد پوسته یولاف در جیره کم‌فیبر باعث افزایش ابقاء مواد مغذی در جوجه‌های گوشتی شد. تغذیه با ذرات درشت، باعث ایجاد حرکات دودی بین سنگدان و پیش معده و در نتیجه افزایش ترشح اسید کلریدریک و آنزیم پپسین، افزایش ماندگاری مواد هضمی و افزایش قابلیت پرنده در استفاده بهتر از مواد مغذی خوراک می‌گردد (Svihus, 2011). رشد فیزیکی و فیزیولوژیکی سنگدان با گنجاندن منابع فیبر، ممکن است منجر به بهبود قابلیت هضم مواد مغذی شود، همان‌طور که برای قابلیت هضم چربی در جوجه‌های گوشتی مشاهده شده است (González- Alvarado *et al*., 2007) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

جدول ۳- تأثیر پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات متفاوت و سطح پروتئین بر مصرف خوراک (گرم/ روز)، افزایش وزن بدن (گرم/ روز)، و ضریب تبدیل خوراک جوجه‌های گوشتی

Table 3- The effect sunflower hulls with different particle size and protein level on average daily feed intake (ADFI) (g/d), average daily gain (ADG) (g/d), and feed conversion ratio of broiler chickens

تیمارها Treatments		دوره آغازین (۱۰-۱ روزگی) Starter (1-10 days)			دوره رشد (۲۴ - ۱۱ روزگی) Grower (11-24 days)			دوره پایانی (۴۲-۲۵ روزگی) Finisher (25-42 days)			کل دوره (۴۲ - ۱ روزگی) Whole period (1-42 days)		
پوسته آفتابگردان Sunflower hulls	سطح پروتئین of Level protein	مصرف خوراک (گرم/ روز) ADFI[1] (g/d)	افزایش وزن (گرم/ روز) ADG[2] (g/d)	ضریب تبدیل FCR[3]	مصرف خوراک (گرم/ روز) ADFI (g/d)	افزایش وزن (گرم/ روز) ADG (g/d)	ضریب تبدیل FCR	مصرف خوراک (گرم/ روز) ADFI (g/d)	افزایش وزن (گرم/ روز) ADG (g/d)	ضریب تبدیل FCR	مصرف خوراک (گرم/ روز) ADFI (g/d)	افزایش وزن (گرم/ روز) ADG (g/d)	ضریب تبدیل FCR
بدون پوسته No SFH[4]	نرمال NCP[5]	^{a} 25.05	^{b} 20.71	1.20	76.37	50.58	1.51	154.17	88.91	1.73	97.49	59.90	1.62
	کاهش LCP[6]	^{a} 24.98	^{b} 21.05	1.18	78.31	49.97	1.56	163.00	93.71	1.76	101.91	61.83	1.65
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH	نرمال NCP	^{a} 25.66	^{b} 20.76	1.23	84.89	54.50	1.56	186.56	107.13	1.74	114.37	71.30	1.62
	کاهش LCP	^{a} 25.15	^{b} 20.11	1.25	84.36	54.05	1.56	189.48	106.93	1.77	115.31	69.70	1.64
۴٪ پوسته درشت coarse 4% SFH	نرمال NCP	^{a} 25.97	^{a} 23.15	1.12	85.23	61.28	1.39	190.39	111.99	1.70	116.19	71.67	1.60
	کاهش LCP	^{b} 23.67	^{b} 20.65	1.14	84.59	57.27	1.48	191.51	110.63	1.73	115.91	70.35	1.64
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.42	0.33	0.02	2.35	1.19	0.03	4.35	3.01	0.04	0.85	0.56	0.03
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.03	0.008	0.59	0.82	0.26	0.52	0.65	0.56	0.99	0.51	0.38	0.90
			اثر پوسته آفتابگردان Sunflower hulls effect										
بدون پوسته No SFH		25.01	^{b} 20.88	^{a} 1.19	77.34^{b}	^{c} 50.27	^{a} 1.53	^{b} 158.58	^{b} 91.31	1.74	^{b} 99.70	^{b} 60.86	1.64
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH		25.00	^{a} 20.48	^{a} 1.24	^{a} 84.63	^{b} 54.27	^{a} 1.56	^{a} 188.02	^{a} 107.03	1.71	116.05 ^{a}	^{a} 70.50	1.63
۴٪ پوسته درشت 4% coarse SFH		24.83	^{b} 21.90	^{b} 1.13	^{a} 84.91	^{a} 59.28	^{b} 1.43	^{a} 190.95	^{a} 111.31	1.75	114.84 ^{a}	^{a} 71.01	1.62
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.29	0.23	0.01	1.66	0.84	0.02	3.07	2.13	0.03	0.42	0.28	0.02
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.38	0.007	0.09	0.004	0.001	0.003	0.0001	0.0001	0.63	0.0001	0.0001	0.89
						سطح پروتئین خام Levels of crude protein							
پروتئین نرمال Normal protein		^{a} 25.56	^{a} 21.57	1.18	82.17	55.45	1.48	177.04	102.68	1.72	10.35	67.62	1.61
پروتئین کاهش یافته Reduced protein		^{b} 24.60	^{b} 20.60	1.19	82.42	53.76	1.53	181.33	103.76	1.75	111.04	67.29	1.62
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.24	0.19	0.01	1.35	0.69	0.02	2.51	1.74	0.02	0.28	0.18	0.01
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.009	0.001	0.76	0.89	0.09	0.11	0.23	0.66	0.42	0.33	0.77	0.19

a-b میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

a-b Means within the same column with uncommon superscript differ significantly (P<0.05).

[۱] میانگین مصرف خوراک روزانه، [۲] میانگین افزایش وزن روزانه، [۳] ضریب تبدیل خوراک، [۴] پوسته آفتابگردان، [۵] پروتئین خام نرمال، [۶] پروتئین خام کاهش یافته

[1] Average daily feed intake, [2] Average daily gain, [3] Feed conversion ratio, [4] Sunflower hulls, [5] Normal crude protein, [6] Low crude protein

جدول ٤- تأثیر پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات متفاوت و سطح پروتئین خام بر قابلیت هضم ظاهری ایلئومی مواد مغذی (٪) جوجه‌های گوشتی در سن ۲۵ روزگی

Table 4- The effect of sunflower hulls with different particle size and crude protein level on apparent ileal digestibility of nutrients (%) in broiler chickens on d 25

تیمارها Treatments		ماده خشک (درصد) Dry matter (%)	پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	چربی خام (درصد) Crude fat (%)
پوسته آفتابگردان Sunflower hulls	سطح پروتئین خام protein Levels of crude			
بدون پوسته No SFH[1]	نرمال NCP[2]	69.32	cd 74.84	73.24
	کاهش LCP[3]	68.60	d 72.64	64.14
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH	نرمال NCP	69.90	bc 77.40	73.51
	کاهش LCP	71.39	cd 74.96	81.10
۴٪ پوسته درشت coarse SFH 4%	نرمال NCP	72.55	b 80.50	83.40
	کاهش LCP	75.49	a 87.46	77.89
انحراف استاندارد میانگین SEM		1.140	1.128	2.728
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.43	0.007	0.056
اثر پوسته آفتابگردان Sunflower hulls effect				
بدون پوسته No SFH		b 68.96	c 73.74	b 68.69
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH		b 70.64	b 76.18	a 78.80
۴٪ پوسته درشت 4% coarse SFH		a 74.02	a 83.98	a 80.64
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.993	0.797	1.929
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.006	0.0001	0.0007
سطح پروتئین خام Levels of crude protein				
پروتئین نرمال Normal protein		70.59	77.58	77.72
پروتئین کاهش یافته Reduced protein		71.83	78.35	74.38
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.811	0.651	1.575
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.29	0.41	0.15

a-b-c میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

[۱] پوسته آفتابگردان، [۲] پروتئین خام نرمال، [۳] پروتئین خام کاهش یافته

a-b-c Means within the same column with uncommon superscript differ significantly (P<0.05).

[1] Sunflower hulls, [2] Normak crude protein, [3] Low crude protein

جدول ۵، تأثیر تیمارهای آزمایشی را بر وزن نسبی اجزاء لاشه نشان می‌دهد. ذرات درشت پوسته آفتابگردان موجب افزایش وزن نسبی لاشه، دستگاه گوارش، سنگدان و چربی حفره بطنی گردید (P<۰/۰۵). وزن نسبی ران‌ها تحت تأثیر اثرات متقابل قرار گرفت،

جدول ۵- تأثیر پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات متفاوت و سطح پروتئین خام بر اجزاء لاشه (درصدی از وزن زنده بدن) جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

Table 5- The effect of sunflower hulls with different particle size and crude protein level on carcass components (percentage of live body weight) of broiler chickens at d 42

تیمارها Treatments پوسته آفتابگردان Sunflower hull	سطح پروتئین خام Levels of crude protein	لاشه Carcass	سینه Breast	ران‌ها Thighs	دستگاه گوارش پر Gastrointestinal tract	سنگدان پر Gizzard	چربی بطنی Abdominal fat
بدون پوسته No SFH[1]	نرمال NCP[2]	73.82	25.97	[b] 19.69	10.34	2.01	0.90
	کاهش LCP[3]	74.24	24.91	[b] 20.48	10.53	2.07	0.99
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH	نرمال NCP	76.88	26.05	[b] 20.48	10.97	2.33	1.01
	کاهش LCP	76.73	29.11	[b] 20.12	10.57	2.11	1.10
۴٪ پوسته درشت SFH coarse 4%	نرمال NCP	81.56	27.11	[a] 23.05	11.64	2.72	1.24
	کاهش LCP	77.17	28.71	[b] 20.89	11.13	2.34	1.13
انحراف استاندارد میانگین SEM		1.138	1.010	0.525	0.172	0.111	0.077
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.08	0.18	0.02	0.10	0.15	0.31
اثر پوسته آفتابگردان Sunflower hulls effect							
بدون پوسته No SFH		[c] 74.03	25.44	[b] 20.08	10.43 [b]	[b] 2.04	[b] 0.94
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH		[b] 76.81	27.58	[b] 20.30	[b] 10.77	[b] 2.22	[ab] 1.06
۴٪ پوسته درشت 4% coarse SFH		[a] 79.36	27.91	[a] 21.97	[a] 11.38	[a] 2.53	[a] 1.19
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.804	0.782	0.371	0.121	0.078	0.054
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.0003	0.06	0.002	0.0001	0.0005	0.01
سطح پروتئین خام Levels of crude protein							
پروتئین نرمال Normal protein		77.42	26.38	21.07	10.98	2.35	1.05
پروتئین کاهش یافته Reduced protein		76.05	27.58	20.50	10.74	2.17	1.07
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.657	0.638	0.303	0.099	0.064	0.044
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.15	0.19	0.19	0.10	0.05	0.69

a-b-c میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

[۱] پوسته آفتابگردان، [۲] پروتئین خام نرمال، [۳] پروتئین خام کاهش یافته

[c] Means within the same column with uncommon superscript differ significantly (P<0.05).[-a-b]

[1] Sunflower hulls, [2] Normal crude protein, [3] Low crude protein

جدول ٦- تأثیر پوسته آفتابگردان با اندازه ذرات متفاوت و سطح پروتئین خام بر جمعیت میکروبی روده کور (لگاریتم واحد تشکیل کلنی بر گرم) جوجه‌های گوشتی در سن ۴۲ روزگی

Table 6- The effect sunflower hulls with different particle size and crude protein level on the caecal microbial population (log cfu/g) of broiler chickens on d 42

تیمارها Treatments		لاکتوباسیل *Lactobacilli spp.*	اشرشیاکلای *Escherichia coli*	کلی فرم *Coliforms*
پوسته آفتابگردان Sunflower hull	سطح پروتئین خام protein Levels of crude			
بدون پوسته No SFH[1]	نرمال NCP[2]	7.12	6.38	6.49
	کاهش LCP[3]	7.04	6.59	6.46
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH	نرمال NCP	7.45	6.54	6.49
	کاهش LCP	7.38	6.52	6.66
۴٪ پوسته درشت SFH coarse 4%	نرمال NCP	7.25	6.70	6.57
	کاهش LCP	7.23	6.45	6.54
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.084	0.111	0.129
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.92	0.15	0.66
اثر پوسته آفتابگردان Sunflower hulls effect				
بدون پوسته No SFH		7.08 ^{b}	6.48	6.48
۴٪ پوسته ریز 4% fine SFH		7.24 ^{ab}	6.53	6.57
۴٪ پوسته درشت 4% coarse SFH		7.41 ^{a}	6.58	6.56
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.060	0.072	0.091
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.003	0.71	0.71
سطح پروتئین خام Levels of crude protein				
پروتئین نرمال Normal crude protein		7.27	6.54	6.51
پروتئین کاهش یافته Low crude protein		7.21	6.52	6.55
انحراف استاندارد میانگین SEM		0.048	0.064	0.074
سطح احتمال معنی‌داری P-value		0.40	0.80	0.72

a-b میانگین‌های هر عامل در هر ستون با حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵).

[۱] پوسته آفتابگردان، [۲] پروتئین خام نرمال، [۳] پروتئین خام کاهش یافته

a-b Means within the same column with uncommon superscript differ significantly (P<0.05).

[1] Sunflower hulls, [2] Normal crude protein, [3] Low crude protein

به‌طوری‌که بالاترین وزن ران‌ها را تیمار با چهار درصد پوسته درشت و پروتئین نرمال نشان داد (P<۰/۰۵) و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری در وزن نسبی ران‌ها ایجاد نکردند. نواز و همکاران (Nawaz et al., 2006) گزارش کردند که کاهش سطح پروتئین در دوره ۲۴ تا ۴۵ روزگی، رشد عضلات بدن و درصد لاشه را کاهش می‌دهد. در آزمایشی، استفاده از فیبر نامحلول باعث افزایش درصد وزن قسمت‌هایی از لاشه مانند وزن عضلات سینه و ران شد (Sarikhan *et al.*, 2010). وزن نسبی سینه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (P>۰/۰۵). پورآزادی و همکاران (Pourazadi *et al.*, 2020) در مطالعه خود نشان دادند که گنجاندن فیبر نامحلول در جیره حاوی جو باعث افزایش وزن نسبی سینه و ران گردید. استفاده از منبع غنی از فیبر نامحلول در جیره غذایی می‌تواند رشد دستگاه گوارش، به‌ویژه بخش فوقانی آن شامل پیش معده و سنگدان را تقویت کند (Jimenez-Moreno *et al.*, 2013). افزودن سه درصد فیبر درشت مانند پوست یولاف به جیره غذایی می‌تواند موجب رشد سنگدان گردد (Svihus, 2011). در پژوهشی، به‌کاربردن پوسته آفتابگردان، پوسته برنج و پوسته کاملینا در جیره جوجه‌های گوشتی به‌میزان سه درصد بررسی شد و افزودن پوسته آفتابگردان به جیره، وزن بدن و سنگدان را بهبود بخشید و همچنین افزودن فیبر به جیره غذایی سبب افزایش زمان ماندگاری مواد هضمی در قسمت فوقانی دستگاه گوارش شد که این امر منجر به تحریک بهبود عملکرد سنگدان، افزایش ترشح اسیدکلریدریک و اسیدهای صفراوی می‌شود. شواهدی وجود دارند که اندازه ذرات بزرگ فیبری با کمک برخی از اجزاء ساختاری برای عملکرد سنگدان و رشد روده مفید است (Hetland *et al.*, 2002).

نتایج بررسی اثر تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی روده کور جوجه‌های گوشتی در جدول ۶ نشان داده شده است. اثرات متقابل تیمارهای آزمایشی بر جمعیت میکروبی معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). جمعیت *لاکتوباسیل* روده کور تحت تأثیر اندازه ذرات پوسته آفتابگردان قرار گرفت (P<۰/۰۵). پرندگان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی اندازه ذرات درشت پوسته، جمعیت *لاکتوباسیلوس* روده کور بیشتری در مقایسه با آن‌هایی که با پوسته ریز یا بدون پوسته تغذیه شده بودند، داشتند (P<۰/۰۵). این نتایج مطابق با پژوهش پورآزادی و همکاران (Pourazadi *et al.*, 2020) بود که دریافتند جوجه‌هایی که از جیره غذایی حاوی پوسته آفتابگردان تغذیه شدند، در مقایسه با جوجه‌هایی که از جیره‌های باگاس نیشکر یا سبوس گندم استفاده کردند، سطوح بالاتری از باکتری‌های مفید *لاکتوباسیلوس* در روده کور خود داشتند. این نشان می‌دهد که پوسته آفتابگردان ممکن است، محیط مساعد برای رشد باکتری‌های مفید در روده کور ایجاد کند و به‌طور بالقوه سلامت روده و استفاده از مواد مغذی را بهبود بخشد. انگبرگ و همکاران (Engberg *et al.*, 2002) بیان کردند که افزایش گونه‌های *لاکتوباسیلوس* معمولاً برای میزبان مفید در نظر گرفته می‌شود، زیرا آن‌ها از تکثیر عوامل بیماری‌زایی مانند *اشرشیاکلی* جلوگیری می‌کنند. به‌طور مشابه، محققان دیگری نیز گزارش دادند که مکمل غذایی جوجه‌های گوشتی با لیگنوسلولز غذایی منجر به افزایش حضور گونه‌های *لاکتوباسیلوس* می‌شود (Bogusławska-Tryk *et al.*, 2015).

ذرات درشت فیبر نامحلول دارای یک کارکرد ساینده بوده، سبب خراش دادن موسین از مخاط در هنگام عبور از دستگاه گوارش شده و سبب افزایش اتلاف از منشا درونی نیز می‌گردد (Montagne *et al.*, 2003). تأثیر فیبر غذایی بر جمعیت میکروبی دستگاه گوارش در طیور بسته به منبع، ترکیب شیمیایی و فیزیکی فیبر می‌تواند متفاوت باشد. اثر اصطکاک فیبر نامحلول جیره غذایی بر سطح روده، حذف باکتری-های پاتوژن از لایه مخاطی را تسهیل می‌کند (Mateos *et al.*, 2012). این اثر به نوبه خود می‌تواند رشد میکروفلور مفید را تقویت کند. به‌طور کلی، فیبر نامحلول به‌عنوان منبع سوخت اولیه برای تخمیر باکتریایی، رشد جمعیت باکتری‌ها را در روده افزایش می‌دهد و تولید متابولیت‌های مفید مانند اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و اسیدهای فنولیک زیست‌فعال را تحریک می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، افزودن چهار درصد پوسته آفتابگردان با ذرات درشت به همراه کاهش سطح پروتئین خام منجر به بهبود قابلیت هضم پروتئین خام گردید. اگرچه استفاده از پوسته درشت آفتابگردان صرف نظر از سطح پروتئین جیره، سبب افزایش جمعیت باکتری‌های مفید روده نظیر *لاکتوباسیل*‌ها شد. بنابراین شاید بتوان استفاده از ذرات درشت پوسته آفتابگردان را در زمان کاهش پروتئین جیره در تغذیه جوجه‌های گوشتی با توجه به بهبود قابلیت هضم پروتئین خام توصیه نمود.

تشکر و قدردانی

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌خاطر حمایت‌های مالی از پژوهش قدردانی می‌شود.

References

1. Amerah, A. M., Ravindran, V., & Lentle, R. G. (2009). Influence of insoluble fibre and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. *British Poultry Science*, *50*(3), 366-375. https://doi.org/10.1080/00071660902865901
2. ASAE, S. (2003). Method of determining and expressing fineness of feed materials by sieving. *American Society of Agricultural Engineers*, 588-592.
3. AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. 17th Ed. Washington DC: Association of Official Analytical Chemist.
4. Awad, E. A., Idrus, Z., Soleimani Farjam, A., Bello, A. U., & Jahromi, M. F. (2018). Growth performance, duodenal morphology and the caecal microbial population in female broiler chickens fed glycine-fortified low protein diets under heat stress conditions. *British Poultry Science*, *59*(3), 340-348. https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1440377
5. Baker, S., & Herrman, T. (2002). Evaluating particle size. MF-2051 feed manufacturing. *Dept. Grain Sci. Ind., Kansas State Univ., Manhattan*. https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1440377
6. Bogusławska-Tryk, M., Szymeczko, R., Piotrowska, A., Burlikowska, K., & Śliżewska, K. (2015). Ileal and cecal microbial population and short-chain fatty acid profile in broiler chickens fed diets supplemented with lignocellulose. *Pakistan Veterinary Journal*, *35*(2), 212-216.
7. Chrystal, P. V., Greenhalgh, S., Selle, P. H., & Liu, S. Y. (2020). Facilitating the acceptance of tangibly reduced-crude protein diets for chicken-meat production. *Animal Nutrition*, *6*(3), 247-257. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.06.001
8. De Vries, S. (2015). Fiber in poultry nutrition: Bonus or burden. In *20th European Symposium on Poultry Nutrition. Prague, France.* p. 38.
9. Denbow, D. M. (2015). Gastrointestinal Anatomy and Physiology. In Sturkie's avian physiology. pp. 337-366. Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407160-5.00014-2
10. Donadelli, R. A., Stone, D. A., Aldrich, C. G., & Beyer, R. S. (2019). Effect of fiber source and particle size on chick performance and nutrient utilization. *Poultry Science*, *98*(11), 5820-5830. https://doi.org/10.3382/ps/pez382
11. Engberg, R. M., Hedemann, M. S., & Jensen, B. B. (2002). The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. *British Poultry Science*, *43*(4), 569-579. https://doi.org/10.1080/0007166022000004480
12. Gabriel, I., Mallet, S., Leconte, M., Fort, G., & Naciri, M. (2003). Effects of whole wheat feeding on the development of coccidial infection in broiler chickens. *Poultry Science*, *82*(11), 1668-1676. https://doi.org/10.1093/ps/82.11.1668
13. González-Alvarado, J. M., Jiménez-Moreno, E., González-Sánchez, D., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2010). Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. *Animal Feed Science and Technology*, *162*(1-2), 37-46. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.08.010
14. González-Alvarado, J. M., Jiménez-Moreno, E., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2007). Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. *Poultry Science*, *86*(8), 1705-1715. https://doi.org/10.1093/ps/86.8.1705
15. González-Alvarado, J. M., Jiménez-Moreno, E., Valencia, D. G., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2008). Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. *Poultry Science*, *87*(9), 1779-1795. https://doi.org/10.3382/ps.2008-00070
16. Greenhalgh, S., McInerney, B. V., McQuade, L. R., Chrystal, P. V., Khoddami, A., Zhuang, M. A., & Selle, P. H. (2020). Capping dietary starch: Protein ratios in moderately reduced crude protein, wheat-based diets showed promise but further reductions generated inferior growth performance in broiler chickens. *Animal Nutrition*, *6*(2), 168-178. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.01.002
17. Guban, J., Korver, D. R., Allison, G. E., & Tannock, G. W. (2006). Relationship of dietary antimicrobial drug administration with broiler performance, decreased population levels of *Lactobacillus salivarius*, and reduced bile salt deconjugation in the ileum of broiler chickens. *Poultry Science*, *85*(12), 2186-2194. https://doi.org/10.1093/ps/85.12.2186
18. Hafeez, A., Männer, K., Schieder, C., & Zentek, J. (2016). Effect of supplementation of phytogenic feed additives (powdered vs. encapsulated) on performance and nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*, *95*(3), 622-629. https://doi.org/10.3382/ps/pev368
19. Hetland, H., Svihus, B., & Olaisen, V. (2002). Effect of feeding whole cereals on performance, starch digestibility and duodenal particle size distribution in broiler chickens. *British Poultry Science*, *43*(3), 416-423. https://doi.org/10.1080/00071660120103693
20. Jiménez-Moreno, E., Frikha, M., de Coca-Sinova, A., García, J., & Mateos, G. G. (2013). Oat hulls and sugar beet

pulp in diets for broilers 1. Effects on growth performance and nutrient digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, *182*(1-4), 33-43. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.03.011

21. Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, J. M., de Coca-Sinova, A., Pérez-Serrano, M., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2008). Influence of feed form and fiber inclusion in the diet on water and feed intake of chicks. *Poultry Science*, *87*, 92-93. https://doi.org/10.3382/ps/pev309
22. Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, J. M., González-Sánchez, D., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2010). Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. *Poultry Science*, *89*(10), 2197-2212. https://doi.org/10.3382/ps.2010-00771
23. Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, J. M., González-Serrano, A., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2009). Effect of dietary fiber and fat on performance and digestive traits of broilers from one to twenty-one days of age. *Poultry Science*, *88*(12), 2562-2574. https://doi.org/10.3382/ps.2009-00179
24. Kalmendal, R., Elwinger, K., Holm, L., & Tauson, R. (2011). High-fibre sunflower cake affects small intestinal digestion and health in broiler chickens. *British Poultry Science*, *52*(1), 86-96. https://doi.org/10.1080/00071668.2010.547843
25. Kimiaeitalab, M. V., Cámara, L., Goudarzi, S. M., Jiménez-Moreno, E., & Mateos, G. G. (2017). Effects of the inclusion of sunflower hulls in the diet on growth performance and digestive tract traits of broilers and pullets fed a broiler diet from zero to 21 d of age. A comparative study. *Poultry Science*, *96*(3), 581-592. https://doi.org/10.3382/ps/pew263
26. Lin, Y., & Olukosi, O. A. (2021). Qualitative and quantitative profiles of jejunal oligosaccharides and cecal short-chain fatty acids in broiler chickens receiving different dietary levels of fiber, protein and exogenous enzymes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *101*(12), 5190-5201. https://doi.org/10.1002/jsfa.11165
27. Mateos, G. G., Jiménez-Moreno, E., Serrano, M. P., & Lázaro, R. P. (2012). Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*, *21*(1), 156-174. https://doi.org/10.3382/japr.2011-00477
28. Montagne, L., Pluske, J. R., & Hampson, D. J. (2003). A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology*, *108*, 95-117. https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00163-9
29. Nawaz, H., Tariq, M., & Muhammad, Y. (2006). Effect of varying levels of energy and protein on live performance and carcass characteristics of broiler chicks. *Protein Science*, *43*, 388-393.
30. Nursiam, I., Ridla, M., & Hermana, W. (2021). Effect of fiber source on growth performance and gastrointestinal tract in broiler chickens. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. *788*(1), 012058. IOP Publishing.
31. Pourazadi, Z., Salari, S., Tabandeh, M. R., & Abdollahi, M. R. (2020). Effect of particle size of insoluble fibre on growth performance, apparent ileal digestibility and caecal microbial population in broiler chickens fed barley-containing diets. *British Poultry Science*, *61*(6), 734-745. https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1799329
32. Sacranie, A., Svihus, B., Denstadli, V., Moen, B., Iji, P. A., & Choct, M. (2012). The effect of insoluble fiber and intermittent feeding on gizzard development, gut motility, and performance of broiler chickens. *Poultry Science*, *91*(3), 693-700. https://doi.org/10.3382/ps.2011-01790
33. Sarikhan, M., Shahryar, H. A., Gholizadeh, B., Hosseinzadeh, M. H., Beheshti, B., & Mahmoodnejad, A. (2010). Effects of insoluble fiber on growth performance, carcass traits and ileum morphological parameters on broiler chick males. *International Journal of Agriculture and Biology*, *12*, 531-536.
34. Svihus, B. (2011). The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poultry Science Journal*, *67*(2), 207-224. https://doi.org/10.1017/S0043933911000249.
35. Van Harn, J., Dijkslag, M. A., & Van Krimpen, M. M. (2019). Effect of low protein diets supplemented with free amino acids on growth performance, slaughter yield, litter quality, and footpad lesions of male broilers. *Poultry Science*, *98*(10), 4868-4877. https://doi.org/10.3382/ps/pez229.
36. Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022- 0302(91)78551-2.
37. Zaefarian, F., Abdollahi, M. R., & Ravindran, V. (2016). Particle size and feed form in broiler diets: impact on gastrointestinal tract development and gut health. *World's Poultry Science Journal*, *72*(2), 277-290. https://doi.org/10.1017/S0043933916000222